

(19) SE

(51) Internationell klass 7

G06K 9/00, 9/32



PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

(45) Patent meddelat

2000-06-26

(41) Ansökan allmänt tillgänglig

1999-07-01

(22) Patentansökan inkom

1997-12-30

(24) Löpdag

1997-12-30

(62) Stamansökans nummer

(86) Internationell ingivningsdag

(88) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent

(83) Deposition av mikroorganism

(30) Prioritetsuppgifter

(21) Patentansöknings-

nummer 9704925-8

Ansökan inkommen som:

svensk patentansökan
fullföljd internationell patentansökan
med nummeromvandlad europeisk patentansökan
med nummer

(73) PATENTHAVARE Precise Biometrics AB, Ideon Research Park 223 70 Lund SE

(72) UPPFINNARE Christer Fåhraeus, Lund SE, Ola Hugosson, Lund SE, Petter Ericson, Malmö SE

(74) OMBUD AWAPATENT AB

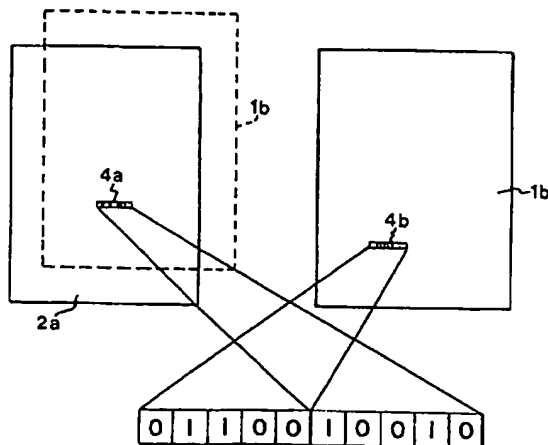
(54) BENÄMNING Sätt och anordning för matchning av bilder av kroppsspecifika mönster

(56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:

US A 5 054 089 (382/127), US A 5 640 468 (382/190)

(57) SAMMANDRAG:

Vid ett sätt att matcha två bilder av kroppsspecifika mönster, vilka bilder var och en består av ett flertal bildpunkter och har delvis överlappande innehåll, bestäms graden av överensstämmelse mellan bildernas innehåll för olika förskjutningspositioner som representerar olika överlappningar mellan bilderna. Mera i detalj bestäms ett flertal tal för var och en av ett flertal av nämnda förskjutningspositioner. Vart och ett av talen bildas med hjälp av bildpunktsvärden från båda bilderna och används för att samtidigt få fram i förväg definierade överlappningsbedömningsvärden för minst två av nämnda förskjutningspositioner. De hämtade överlappningsbedömningsvärdena används sen för att bestämma graden av överensstämmelse mellan bilderna för de olika förskjutningspositionerna. Sättet genomförs med en dator och kan implementeras som ett datorprogram.



Uppfinningens område

Föreliggande uppfinning avser ett sätt och en anordning för att matcha två bilder av kroppsspecifika mönster, vilka bilder var och en består av ett flertal bildpunkter och har delvis överlappande innehåll, varvid
5 graden av överensstämmelse mellan bilderna bestäms för olika förskjutningspositioner som representerar olika överlappningar mellan bilderna.

Bakgrund till uppfinningen

10 Det är känt sedan hundratals, ja kanske tusentals, år tillbaka att en persons fingeravtryck är unika och därför kan användas för att identifiera personen ifråga. Tekniken har hitintills mest använts för att identifiera brottslingar, men det är även känt att
15 använda den i exempelvis passersystem. När tekniken används i passersystem trycker personen som skall godkännas för passage sitt finger mot en yta, varvid det tas en bild av fingeravtrycket. Denna bild jämförs med ett antal i förväg lagrade fingeravtrycksbilder för godkända personer för att avgöra om personen i fråga skall tillåtas
20 passera eller ej.

Vid jämförelsen används i regel s k feature extraction, som innebär att vissa karaktäristiska punkter i avtrycket identifieras och att punkterna och dessas in-
25 bördas avstånd jämförs med motsvarande data för de i förväg lagrade fingeravtrycken. Ett problem i samband med jämförelsen är att fingeravtrycket vanligtvis inte befinner sig i samma läge i bilden som tas när identifieringen skall utföras som i den i förväg lagrade bilden av
30 fingeravtrycket.

Säkerheten i systemet ökar naturligtvis ju mer data som undersöks, men å andra sidan ökar också tiden för identifieringen. Det finns därför ett stort behov av ett sätt att snabbt och effektivt matcha fingeravtryck med
5 varandra.

På senare tid har man även börjat använda andra kroppsspecifika mönster, såsom hand- och fotavtryck, och irismönster, för identifiering av personer. Vid dessa tillämpningar finns det givetvis samma behov av att
10 snabbt matcha bilder med varandra.

Ett tänkbart sätt att matcha två bilder av kroppsspecifika mönster är att undersöka alla möjliga överlappningspositioner mellan bilderna och att för varje överlappningsposition undersöka samtliga par av överlappande bildpunkter, bestämma en poäng för varje par av överlappande bildpunkter, varvid poängen beror på hur väl bildpunkternas värden överensstämmer med varandra, och att sedan bestämma vilken av överlappningspositionerna som
15 poängerna för de överlappande bildpunkterna i varje position. Detta är emellertid ett alltför långsamt förfarande för den ovan angivna tillämpningen.

Sammanfattning av uppfinningen

Mot bakgrund av ovanstående är ett ändamål med föreliggande uppfinning således att anvisa ett nytt sätt för
25 automatisk matchning mellan två bilder av kroppsspecifika mönster, vilket sätt möjliggör snabbare matchning av bilderna med en given processor än ovan beskrivna sätt.

Ett ytterligare ändamål är att åstadkomma en anordning för genomförande av sättet.
30

Ändamålen uppnås med ett sätt enligt patentkravet 1 och en anordning enligt patentkravet 17 och enligt patentkravet 18. Föredragna utföringsformer anges i underkraven.

Uppfinningen bygger liksom tidigare på att graden av överensstämmelse mellan två bilder av kroppsspecifika mönster, vilka var och en består av ett flertal bildpunkter och har delvis överlappande innehåll, bestäms för olika förskjutningspositioner som representerar olika överlappningar mellan bilderna. Jämförelsen av innehållet i bilderna utförs emellertid på ett effektivare sätt. Mera specifikt bestäms ett flertal tal för var och en av ett flertal förskjutningspositioner, vilka tal vart och ett bildas med hjälp av bildpunktsvärden från båda bilderna. Talen används för att samtidigt få fram i förväg definierade överlappningsbedömningsvärden för minst två förskjutningspositioner. Dessa överlappningsbedömningsvärden används sedan vid bestämningen av graden av överensstämmelse mellan innehållet i bilderna.

Med detta sätt kan de olika förskjutningspositionerna undersökas med en viss grad av parallellitet, vilket gör det möjligt att undersöka bilderna snabbare än om alla förskjutningspositionerna undersöks sekventiellt. Denna parallellitet uppnås med hjälp av talen, som används för att samtidigt undersöka minst två förskjutningspositioner. Eftersom talen är baserade på innehållet i respektive bild kan man på förhand räkna ut överlappningsbedömningsvärden för de fall då bildpunktsvärdena som bildar talen överlappar varandra helt eller delvis. Effektiviteten ökar givetvis ju flera bildpunkter som ingår i varje tal eftersom detta ökar parallelliteten.

Överlappningsbedömningsvärdena är alltså definierade i förväg. Härmed avses att om en bildpunkt i den ena bilden har ett första givet värde och motsvarande överlappande bildpunkt i den andra bilden har ett andra givet värde erhålles alltid ett visst i förväg bestämt överlappningsvärde. Motsvarande gäller när överlappningsbedömningsvärdena avser flera överlappande bildpunkter. De olika överlappningsbedömningsvärden som erhålls för olika

kombinationer av bildpunktsvärden kan bestämmas fritt. De kan definieras med hjälp av en eller flera formler eller tabeller eller på något annat lämpligt sätt.

Det skall i sammanhanget påpekas att bilderna naturligtvis inte förskjuts fysiskt i förhållande till varandra vid genomförande av sättet, utan att jämförelsen mellan bilderna sker för tänkta förskjutningar.

I ett föredraget utförande innefattar sättet vidare stegen att summera överlappningsbedömningsvärdena för var och en av nämnda förskjutningspositioner, och att använda de sålunda erhållna summorna för bestämning av vilken av förskjutningspositionerna som ger den bästa möjliga överensstämmelsen mellan innehållet i bilderna. De överlappningsbedömningsvärden som summeras för en viss förskjutningsposition återspeglar företrädesvis överensstämmelsen mellan samtliga överlappande bildpunkter för den förskjutningspositionen.

För att ytterligare öka hastigheten för matchningen, summeras överlappningsbedömningsvärdena lämpligen parallellt för ett flertal förskjutningspositioner. Summeringen blir speciellt fördelaktig om den görs parallellt för de överlappningsbedömningsvärden som hämtas samtidigt med hjälp av ett tal.

Varje överlappningsbedömningsvärde kan avse en eller flera överlappande bildpunkter. I det senare fallet uppnås en ökning av matchningshastigheten genom att man inte behöver addera bedömningsvärden för varje överlappande bildpunkt för en viss förskjutningsposition utan redan adderade överlappningsbedömningsvärden för två eller flera överlappande bildpunkter kan hämtas direkt.

Det flertal förskjutningspositioner för vilka tal bestäms kan lämpligen utgöra grovförskjutningspositioner, och nämnda minst två förskjutningspositioner för vilka överlappningsbedömningsvärden hämtas kan lämpligen innefatta minst en finförskjutningsposition, som representerar

rar en mindre förskjutning från en grovförskjutningsposition än förskjutningen mellan två grovförskjutningspositioner. Det andra hämtade överlappningsbedömningsvärdet kan avse den aktuella grovförskjutningspositionen
5 eller en annan finförskjutningsposition.

I det enklaste utförandet av sättet är bildernas innehåll förskjutna i förhållande till varandra i enbart en riktning. Sättet kan emellertid även utnyttjas när bilderna är förskjutna i två olika, företrädesvis vinkel-
10 räta, riktningar i förhållande till varandra. För att man i detta fall skall få fram den position i vilken överensstämmelsen mellan bildernas innehåll är maximal, låter man lämpligen grovförskjutningspositionerna representera olika överlappningar mellan bilderna i den första rikt-
15 ningen, exempelvis i horisontell led, och upprepas sättet för olika överlappningar mellan bilderna i den andra riktningen, exempelvis i vertikal led.

Grovförskjutningspositionerna, som alltså utgör en delmängd av de undersökta förskjutningspositionerna,
20 bestäms företrädesvis genom att bilderna delas in i ett flertal grovsegment som består av $N \times M$ bildpunkter där N och M är större än ett, varvid förskjutningen mellan två angränsande grovförskjutningspositioner utgörs av ett grovsegment. Grovsegmenten kan alltså åstadkommas genom
25 att bilderna delas in i kolumner eller rader, som var och en har ett flertal bildpunkters bredd resp höjd.

Bilderna kan vara representerade på olika sätt. De kan vara analoga, men är företrädesvis digitala eftersom de då blir enklare att behandla med hjälp av en dator.
30 Bildpunktsvärdena kan representeras med olika upplösning. Sättet är dock företrädesvis avsett för bilder som representeras som bitmappar.

Talen är såsom nämnts baserade på innehållet i de båda bilderna. I en föredragen utföringsform används
35 talen som adresser till minnesplatser, som lagrar över-

lappningsbedömningsvärdena. I detta fall är dessa lämpligen definierade genom att de helt enkelt är uträknade eller bestämda i förväg.

Adresserna används företrädesvis för att adressera
5 en uppslagstabell som, för varje adress, innehåller
nämnda i förväg uträknade överlappningsbedömningsvärden
för minst två förskjutningspositioner. Den ordning i
vilken bildpunktsvärdena används i adressen saknar betydelse så länge samma ordning används för alla adresser
10 och så länge lagringen av överlappningsbedömningsvärdena
i uppslagstabellen görs på ett förutbestämt sätt i förhållande till denna ordning.

Sättet enligt uppfinningen kan implementeras helt i
hårdvara. I detta fall kan talen exempelvis bilda insig-
15 naler till en grindmatris som har utformats på så sätt
att man för varje given uppsättning insignaler får fram
motsvarande överlappningsbedömningsvärden som utsignaler.
I detta fall är alltså överlappningsbedömningsvärdena
definierade genom grindmatrisens utformning. Detta sätt
20 kan vara fördelaktigt för större bilder.

I ett föredraget utförande genomförs emellertid
sättet i mjukvara med hjälp av en processor som arbetar
med en förutbestämd ordlängd. Uppslagstabellen innefattar
då ett flertal adresserbara rader, som var och en har den
25 förutbestämda ordlängden och som lagrar de i förväg ut-
räknade överlappningsbedömningsvärdena. Genom anpassning
av tabellbredden till processorns ordlängd erhålles bästa
möjliga utnyttjande av processorns kapacitet. Exempelvis
kan man på ett effektivt sätt summera olika rader i
30 tabellen.

De olika parametrarna för sättet, dvs grovförskjut-
ningspositionerna, antalet för varje adress lagrade
överlappningsbedömningsvärden, antalet tabeller osv be-
stäms lämpligen utifrån den använda processorn och dennas
35 cache-minne för uppnående av högsta möjliga snabbhet.

Företrädesvis väljs parametrarna på så sätt att båda bilderna och samtliga de i förväg uträknade överlappningsbedömningsvärdena ryms i cache-minnet.

I ett föredraget utförande bildas varje tal av ett
5 första finsegment, som innefattar minst två angränsande bildpunktsvärden från den första bilden, och av ett andra finsegment, som överlappar det första finsegmentet och som innefattar lika många angränsande bildpunktsvärden som det första finsegmentet från den andra bilden, samt
10 av ett tredje finsegment, som innefattar lika många angränsande bildpunktsvärden som det första finsegmentet från den andra bilden och som överlappar det första finsegmentet i en intilliggande förskjutningsposition för vilken bestämningen av ett flertal tal utförs, dvs en
15 intilliggande grovförskjutningsposition. På detta sätt kommer talet att inkludera alla bildpunktsvärden som kan överlappa varandra i en grovförskjutningsposition och i alla finförskjutningspositioner mellan denna grovförskjutningsposition och följande grovförskjutningsposition, samt i denna följande grovförskjutningsposition. Härigenom kan man alltså med talet hämta i förväg ut-
20 räknade överlappningsbedömningsvärden för samtliga dessa förskjutningspositioner.

För att spara minnesutrymme så att all erforderlig
25 information kan lagras i en processors cache-minne och därigenom vara snabbt åtkomlig, delas med fördel varje adress upp i en första och en andra deladress, varvid den första deladressen, som består av bildpunktsvärdena från det första och det andra finsegmentet, används för att
30 samtidigt hämta överlappningsbedömningsvärden i en första tabell för överlappande bildpunkter som tillhör det första och det andra finsegmentet, och varvid den andra deladressen, som består av bildpunktsvärdena från det första och det tredje finsegmentet används för att sam-
35 tidigt hämta överlappningsbedömningsvärden i en andra

Sättet enligt uppfinningen kan användas för att undersöka samtliga möjliga förskjutningspositioner eller endast en utvald del av dessa.

Uppfinningen är tillämpbar vid alla typer av matchning av bilder. Uppfinningen är i synnerhet tillämpbar när man har ett krav på hög matchningshastighet.

Kort beskrivning av ritningarna

Ett exempel på hur uppfinningen kan realiseras beskrivs i det följande under hänvisning till bifogade schematiska ritningar.

Fig 1 visar en bild som består av ett flertal bildpunkter, med ett grovsegment och ett finsegment markerade.

Fig 2 visar en tänkt överlappning mellan två bilder.

Fig 3 visar hur en adress bildas med hjälp av bildpunktsvärden från ett flertal överlappande bildpunkter i två bilder.

Fig 4 visar hur överlappningsbedömningsvärden för ett flertal olika förskjutningspositioner lagras och hämtas samtidigt.

Fig 5 visar hur överlappningsbedömningsvärdena beräknas för olika förskjutningspositioner.

Fig 6 visar hur överlappningsbedömningsvärden lagras och hämtas i fallet med användning av deladresser.

Fig 7 visar hur överlappningsvärden för ett flertal olika förskjutningspositioner adderas samtidigt.

Beskrivning av en föredragen utföringsform

I det följande beskrivs ett för närvarande föredraget utförande av ett sätt för matchning av två bilder av kroppsspecifika mönster, varvid bilderna har delvis överlappande innehåll. Syftet med sättet är att finna den överlappningsposition som ger bästa möjliga överensstämmelse mellan bildernas innehåll och att bedöma graden av överensstämmelse i denna position. För att bestämma vad

som utgör bästa möjliga överensstämmelse används ett på förhand bestämt bedömningskriterium.

I detta exempel genomförs sättet i mjukvara med hjälp av en 32-bitars processor med en klockfrekvens av 100 Mhz och med ett 16 kB cache-minne, i vilket bilderna som skall matchas lagras. Ett exempel på en processor av denna typ är StrongARM från Digital. Processorn arbetar under styrning av ett program som läses in i processorns programminne.

Hur bilderna tas upp och matas in i processorns cache-minne ligger utanför ramen för föreliggande uppfinning och beskrivs därför inte närmare. Ett sätt att är dock att använda samma teknik som i kända passersystem, nämligen att registrera bilderna med en ljuskänslig, tvådimensionell sensor och lagra dem i något minne, från vilket processorn kan läsa in bilderna till sitt cache-minne.

I fig 1 visas schematiskt en digital bild 1 som består av ett flertal bildpunkter 2 av vilka några är schematiskt indikerade som rutor. Denna bild skall matchas mot en likadan bild med delvis samma innehåll.

Bilden är 55 bildpunkter bred och 76 bildpunkter hög. Den lagras som en bitmapp, varvid varje bildpunkt alltså har värdet ett eller noll. I detta exempel representerar värdet ett en svart punkt och värdet noll en vit punkt.

För genomförande av sättet delas varje bild in i elva grovsegment 3 i form av vertikala band, vilka var och en är fem bildpunkter breda och 76 bildpunkter höga. Varje grovsegment delas in i finsegment 4 som vart och ett består av en horisontell rad av fem angränsande bildpunkter.

Grovsegmenten 3 används för att definiera ett flertal grovförskjutningspositioner. I fig 2 visas en första grovförskjutningsposition, i vilken två bilder 1a och 1b

är så förskjutna i förhållande till varandra att ett grovsegment 3, som markeras med snedstreckade linjer, från respektive bild överlappar varandra. I en andra grovförskjutningsposition kommer två grovsegment från
 5 respektive bild överlappa varandra osv. upp till en elfte grovförskjutningsposition i vilken samtliga grovsegment överlappar varandra. Skillnaden mellan två angränsande grovförskjutningspositioner är således ett grovsegment.

I varje grovsegment definieras fyra finförskjutningspositioner. Dessa representerar en förskjutning i
 10 förhållande till en grovförskjutningsposition med en, två, tre resp fyra bildpunktskolumner.

Grovförskjutnings- och finförskjutningspositionerna representerar förskjutningar mellan bilderna i en första
 15 riktning, nämligen i horisontell led. Om bilderna även kan vara förskjutna i förhållande till varandra i vertikal led definieras ett antal vertikalförskjutningspositioner, varvid varje vertikalförskjutningsposition representerar en förskjutning med en bildpunktsrad i
 20 vertikal led. I fig 3 visas i den vänstra delen av figuren en vertikalförskjutningsposition för en första bild 1a och en andra bild 1b, som är visad med streckade linjer i överlappningsläget.

Finsegmenten 4 används för att bestämma ett antal
 25 10-bitars deladresser som i sin tur används för att hämta på förhand uträknade överlappningsbedömningsvärden, som vart och ett ger ett mått på graden av överensstämmelse mellan en eller flera överlappande bildpunkter för en viss förskjutningsposition. En första deladress bildas
 30 genom att de fem minst signifikanta bitarna till adressen hämtas från ett första finsegment 4a i den första bilden 1a och de fem mest signifikanta bitarna hämtas från motsvarande överlappande finsegment 4b i den andra bilden 1b. Den första deladressen representerar alltså värdet

för överlappande bildpunkter, som man vill jämföra för att kontrollera graden av överensstämmelse av innehållet.

I fig 3 visas ett exempel på hur det första finsegmentet 4a om fem bitar "10010" hämtas från den ena bilden 5 1a och det andra finsegmentet 4b om fem bitar "01100" hämtas från den andra bilden 1b och sätts samman till adressen "0110010010".

De första deladresserna används för att adressera två tabeller med vardera 1024 rader (antalet möjliga 10 olika adresser). Tabellerna visas schematiskt som Tabell 1 och Tabell 2 i fig 4. I tabellerna, som liksom bilderna lagras i processorns cache-minne, finns på förhand uträknade överlappningsbedömningsvärden (nedan kallade poäng), vilket schematiskt visas i fig 4 genom en förstoring av 15 en rad i vardera tabellen.

I detta exempel är poängsättningen den följande. Två överlappande vita bildpunkter ger en poäng, två överlappande svarta bildpunkter ger två poäng, medan en vit och en svart överlappande bildpunkt ger noll poäng.

20 I fig 5 visas de poänger som lagras i tabellerna i fig 4 på raden med adressen "0110010010" och hur dessa beräknas. Poäng 0 lagras i Tabell 2 och Poäng 1-4 i Tabell 1. För varje överlappande bildpunkt erhålles en poäng i enlighet med ovan angivna poängsättning. Poängen 25 för alla överlappande bildpunkter summeras för åstadkommande av den totala poäng eller det överlappningsbedömningsvärde som skall lagras i tabellen på raden med den aktuella adressen.

I Tabell 2 i fig 4 finns för varje adress lagrat den 30 poäng (Poäng 0) som erhålles när de båda finsegmenten överlappar varandra helt, dvs den överlappning som erhålles i grovförskjutningspositionen. Denna poäng är en summa av poängen för fem överlappande bildpunkter och är lagrad i en byte. I Tabell 1 finns för varje adress lagrat 35 de poänger (Poäng 1-4) som erhålles när de båda fin-

segmenten förskjuts delvis i förhållande till varandra, dvs motsvarande olika finförskjutningspositioner. Dessa poänger lagras i var sin byte i ett 32-bitars ord och kan således hämtas samtidigt med en läsning eller ett tabell-
5 uppslag under en klockcykel. Poäng 1 avser den poäng som erhålles när finsegmenten förskjuts ett steg i förhållande till varandra, så att bara fyra överlappande bildpunkter erhålles. Poäng 2 avser den poäng som erhålles när finsegmenten förskjuts två steg i förhållande till
10 varandra, så att bara tre överlappande bildpunkter erhålles osv. Förskjutningarna återspeglar den överlappning som erhålles i finförskjutningspositionerna mellan den aktuella grovförskjutningspositionen och följande grovförskjutningsposition.

15 Såsom framgår av ovanstående avser de överlappningsbedömningsvärden som hämtas med den första deladressen bara överlappningar mellan bildpunkterna i det första och det andra finsegmentet för de undersökta förskjutningspositionerna. Överlappningarna som sker i dessa förskjutningspositioner mellan bildpunkterna i det första finsegmentet och andra bildpunkter än de i det andra finsegmentet fångas inte upp med hjälp av ovan beskrivna förfarande.
20

För att kunna undersöka även dessa överlappningar
25 bildas utöver den första deladressen även en andra deladress. Denna andra deladress består av de fem bildpunktsvärdena i det första finsegmentet 4a och dessutom fem bildpunktsvärden för ett tredje finsegment 4c som gränsar till det andra finsegmentet i den andra bilden 1b
30 och som överlappar det första finsegmentet i den följande grovförskjutningspositionen.

I fig 6 visas ett exempel på hur den andra deladressen bildas. Bildpunktsvärdena "10010" från det första finsegmentet 4a i den första bilden 1a utgör de
35 fem mest signifikanta bitarna i den andra deladressen,

medan bildpunktsvärdena "10101" från det tredje finsegmentet 4c i den andra bilden 1b utgör de fem minst signifikanta bitarna i den andra deladressen.

Poängen eller överlappningsbedömningsvärdena för de bildpunkter i det första och det tredje finsegmentet som överlappar varandra i olika förskjutningspositioner, lagras i en tredje tabell, som i fig 7 betecknas Tabell 3. Poängen räknas givetvis ut på samma sätt som i fallet med Tabell 1, men poängen lagras i "omvänd ordning". I den första byten på en tabellrad i Tabell 3 lagras nämligen Poäng 4, som avser en överlappande bildpunkt mellan det första och det tredje finsegmentet. I den andra byten lagras Poäng 3, som avser två överlappande bildpunkter mellan det första och det tredje finsegmentet osv.

Med hjälp av den första och den andra deladressen kan man på detta sätt hämta överlappningsvärden för fyra finförskjutningspositioner. Genom att summera överlappningsvärdena för den första och den andra deladressen får man fram ett överlappningsvärde för varje förskjutningsposition. Vart och ett av dessa överlappningsvärden avser fem överlappande bildpunkter för den aktuella förskjutningspositionen.

I fig 7 visas Tabell 1 och Tabell 3, en första och en andra deladress som används för att adressera dessa tabeller och överlappningsbedömningsvärdena på varsin rad i tabellen.

I det följande beskrivs hur matchningen mellan bilderna utförs. Först väljs en första grovförskjutningsposition. För denna position väljs ett första par av överlappande finsegment. Antag att det första finsegmentet i den första bilden har bildpunktsvärdena "10010" och att det andra finsegmentet i den andra bilden har bildpunktsvärdena "01100", såsom i exemplet i fig 3. Dessa värden används för att bilda den första binära deladressen "0110010010". Antag vidare att ett tredje

finsegment som gränsar till det andra finsegmentet i den andra bilden har värdena "10101". Dessa värden används för att tillsammans med bildpunktsvärdena för det första finsegmentet bilda den andra deladressen "1001010101".

- 5 Den första deladressen används för att adressera både den första och den andra tabellen. Från den första tabellen fås i det givna exemplet poängerna 4, 3, 0 och 1 lagrade i ett ord och från den andra tabellen erhålles poängen 1. Den andra deladressen används för att adressera den
- 10 tredje tabellen, från vilken poängerna 2, 0, 3, 3 fås i det givna exemplet. Poängerna summeras parallellt, varvid totalpoängerna 6, 3, 3, 4 erhålles.

- När dessa första överlappande finsegment har jämförts med varandra, fortsätter matchningen med två nya
- 15 överlappande finsegment, tills en fullständig jämförelse mellan det eller de överlappande grovsegmenten har utförts.

- Varje gång ett ord erhålles med de fyra summerade poängerna för två deladresser adderas ordet till tidigare
- 20 erhållna ord. Poängen för fyra olika förskjutningspositioner adderas alltså parallellt genom en enda addition. Eftersom poängen är låga kan ett stort antal additioner genomföras innan det uppkommer någon överföringssiffra (carry) och innan någon undanlagring på annan plats så-
- 25 ledes behöver göras. Poängen från den andra tabellen adderas på motsvarande sätt. I fig 8 visas schematiskt hur poängen för fyra förskjutningspositioner adderas parallellt, varvid ordet A representerar det ord som
- 30 erhålles med en första adress, bestående av en första och en andra deladress, och ordet B representerar det ord som erhålles med en andra adress, bestående av en första och en andra deladress, och ordet C den erhållna summan.

- När samtliga överlappande finsegment har undersökts för den första grovförskjutningspositionen, upprepas
- 35 förfarandet för den andra och följande grovförskjutnings-

positioner tills samtliga grovförskjutningspositioner undersökts.

Om bilderna även kan vara förskjutna i vertikal led i förhållande till varandra, upprepas sättet för varje
5 vertikalposition, varvid bilderna alltså först förskjuts en rad i förhållande till varandra i vertikal led och därefter samtliga grovförskjutnings- och finförskjutningspositioner undersöks, varefter bilderna förskjuts till nästa vertikalförskjutningsposition och undersöks
10 och så vidare tills samtliga vertikalförskjutningspositioner har avsökts.

När samtliga förskjutningspositioner har undersökts har man erhållit en poängsumma för varje position. Med det bedömningskriterium som används i detta exempel representerar då den största poängsumman den förskjutningsposition som ger den bästa överlappningen mellan innehållet i bilderna. Om en första bild jämförs med flera andra bilder anger den poängen den andra bild som bäst överensstämmer med den första bilden.

20 I ett för närvarande föredraget utförande av uppfinningen utförs först en överlappningsbedömning på det ovan beskrivna sättet med en grövre upplösning hos bilderna än den med vilken de är lagrade. I detta exempel används en upplösning av 25 x 30 bildpunkter. Syftet med detta är
25 att man snabbt ska välja ut relevanta förskjutningspositioner för noggrannare undersökning av överensstämmelsen mellan innehållet i bilderna. Därefter upprepas sättet för bilderna i dessa och angränsande förskjutningspositioner för den ursprungliga upplösningen.

30 I ovanstående exempel lagras överlappningsbedömningsvärdena i tre olika tabeller. Detta har skett för att utnyttja den använda processorn på ett optimalt sätt. För andra processorer kan det vara lämpligt att istället lagra alla överlappningsvärdena i en tabell eller i fler

än tre tabeller. Fackmannen kan göra denna bedömning med utgångspunkt från beskrivningen ovan.

PATENTKRAV

1. Sätt att matcha två bilder av kroppsspecifika
mönster, vilka bilder var och en består av ett flertal
5 bildpunkter och har delvis överlappande innehåll, varvid
graden av överensstämmelse mellan bildernas innehåll be-
stäms för olika förskjutningspositioner som representerar
olika överlappningar mellan bilderna, innefattande stegen
att
- 10 - bestämma ett flertal tal för var och en av ett
flertal förskjutningspositioner, vilka tal vart och ett
bildas med hjälp av bildpunktsvärden från båda bilderna,
- använda vart och ett av talen för att samtidigt få
fram i förväg definierade överlappningsbedömningsvärden
15 för minst två förskjutningspositioner, och
- använda överlappningsbedömningsvärdena vid bestäm-
ningen av graden av överensstämmelse mellan bilderna för
de olika förskjutningspositionerna.
2. Sätt enligt krav 1, vidare innefattande stegen
20 att summera överlappningsbedömningsvärdena för var och en
av nämnda förskjutningspositioner, och att använda de så-
lunda erhållna summorna för bestämning av vilken av för-
skjutningspositionerna som ger den bästa möjliga överens-
stämmelsen mellan innehållet i bilderna.
- 25 3. Sätt enligt krav 1 eller 2, varvid överlappnings-
bedömningsvärdena summeras parallellt för ett flertal
förskjutningspositioner.
4. Sätt enligt något av föregående krav, varvid
vissa av överlappningsbedömningsvärdena avser mer än en
30 överlappande bildpunkt.
5. Sätt enligt något av krav 1-4, varvid nämnda
flertal förskjutningspositioner för vilka talen bestäms
utgör grovförskjutningspositioner och nämnda minst två
förskjutningspositioner för vilka överlappningsbedöm-
35 ningsvärden hämtas innefattar minst en finförskjutnings-

position som representerar en mindre förskjutning från en grovförskjutningsposition än förskjutningen mellan två grovförskjutningspositioner.

5 6. Sätt enligt krav 5, varvid grovförskjutningspositionerna representerar olika överlappningar mellan bilderna i en första riktning och vidare innefattande steget att upprepa sättet för olika överlappningar mellan bilderna i en andra riktning.

10 7. Sätt enligt krav 5 eller 6, varvid grovförskjutningspositionerna bestäms genom att bilderna delas in i ett flertal grovsegment som består av $N \times M$ bildpunkter där N och M är större än ett, varvid förskjutningen mellan två angränsande grovförskjutningspositioner utgörs av ett grovsegment.

15 8. Sätt enligt något av föregående krav, varvid bilderna utgörs av bitmappar.

9. Sätt enligt något av föregående krav, varvid talen utgör adresser till minnesplatser som lagrar nämnda överlappningsbedömningsvärden som utgörs av i förväg uträknade värden.

20 10. Sätt enligt krav 9, varvid adresserna används för att adressera minst en uppslagstabell som, för varje adress, innehåller de i förväg uträknade överlappningsbedömningsvärdena för minst två förskjutningspositioner.

25 11. Sätt enligt krav 10, vilket sätt genomförs med hjälp av en processor som arbetar med en förutbestämd ordlängd och varvid nämnda minst en uppslagstabell innefattar ett flertal adresserbara rader, som var och en har den förutbestämda ordlängden och lagrar nämnda i förväg uträknade överlappningsbedömningsvärden.

30 12. Sätt enligt krav 11, varvid lagringen av överlappningsbedömningsvärdena utförs på så sätt att samtliga överlappningsbedömningsvärden samt bilderna som skall matchas ryms i ett cache-minne i processorn.

13. Sätt enligt något av föregående krav, vidare innefattande steget att bilda varje tal av ett första finsegment, som innefattar minst två angränsande bildpunktsvärden från den första bilden, och av ett andra finsegment, som överlappar det första finsegmentet och som innefattar lika många angränsande bildpunktsvärden som det första finsegmentet från den andra bilden, samt av ett tredje finsegment, som innefattar lika många angränsande bildpunktsvärden som det första finsegmentet från den andra bilden och som överlappar det första finsegmentet i en intilliggande förskjutningsposition för vilken bestämningen av ett flertal tal utförs.

14. Sätt enligt krav 13 i kombination med krav 9, varvid varje adress delas upp i en första och en andra deladress, varvid den första deladressen som består av bildpunktsvärdena från det första och det andra finsegmentet, används för att samtidigt hämta överlappningsbedömningsvärden i en första tabell för överlappande bildpunkter som tillhör det första och det andra finsegmentet, och varvid den andra deladressen, som består av bildpunktsvärdena från det första och det tredje finsegmentet används för att samtidigt hämta överlappningsbedömningsvärden i en andra tabell för överlappande bildpunkter som tillhör det första och det tredje finsegmentet.

15. Sätt enligt krav 14, varvid den första och den andra tabellen, för varje adress, lagrar ett överlappningsbedömningsvärde för var och en av nämnda minst två förskjutningspositioner, och varvid summan av överlappningsbedömningsvärdena för en första förskjutningsposition som hämtas med en adress första och andra deladress utgör ett överlappningsbedömningsvärden för samtliga överlappande bildpunkter mellan det första, det andra och det tredje finsegmentet för nämnda första förskjutningsposition.

16. Sätt enligt något av föregående krav, varvid graden av överensstämmelse mellan bilderna först bestäms med en första upplösning hos bilderna för val av ett flertal förskjutningspositioner, och därefter bestäms med
5 en andra, högre upplösning hos bilderna för de valda förskjutningspositionerna och angränsande förskjutningspositioner.

17. Anordning för matchning av två bilder som var och en består av ett flertal bildpunkter och som har del-
10 vis överlappande innehåll, k ä n n e t e c k n a d av en processorenhet som är anordnad att genomföra ett sätt enligt något av kraven 1-16.

18. Anordning för matchning av två bilder som var och en består av ett flertal bildpunkter och som har del-
15 vis överlappande innehåll, vilken anordning innefattar ett minnesmedium, vilket är avläsningsbart med hjälp av en dator och på vilket är lagrat en datorprogram för genomförande av sättet enligt något av kraven 1-16.

FIG.1

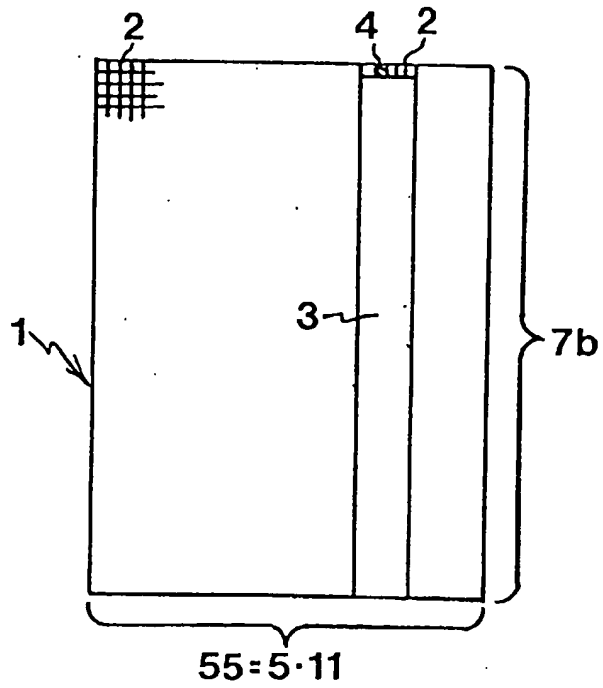


FIG.2

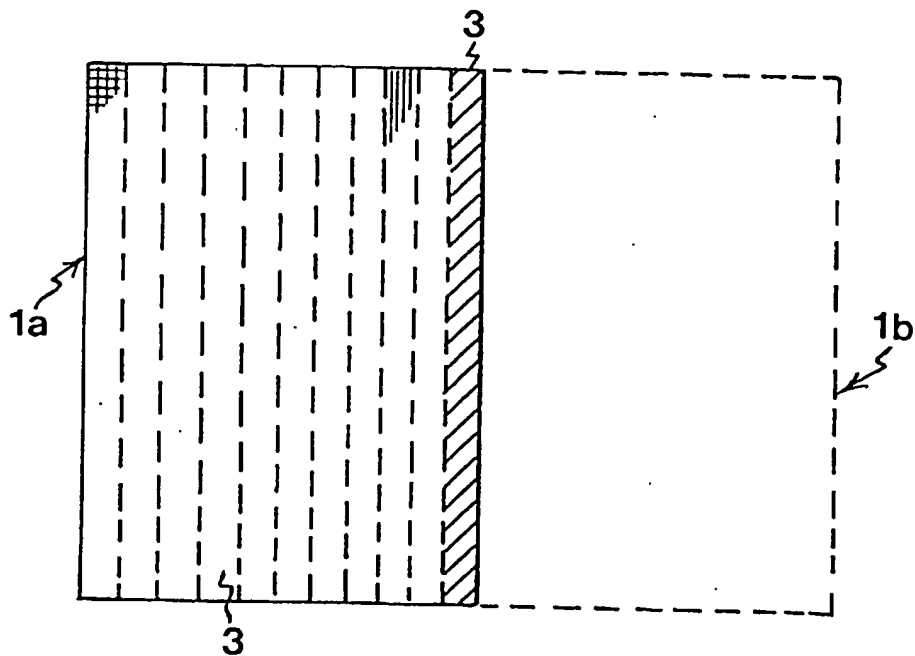


FIG.3

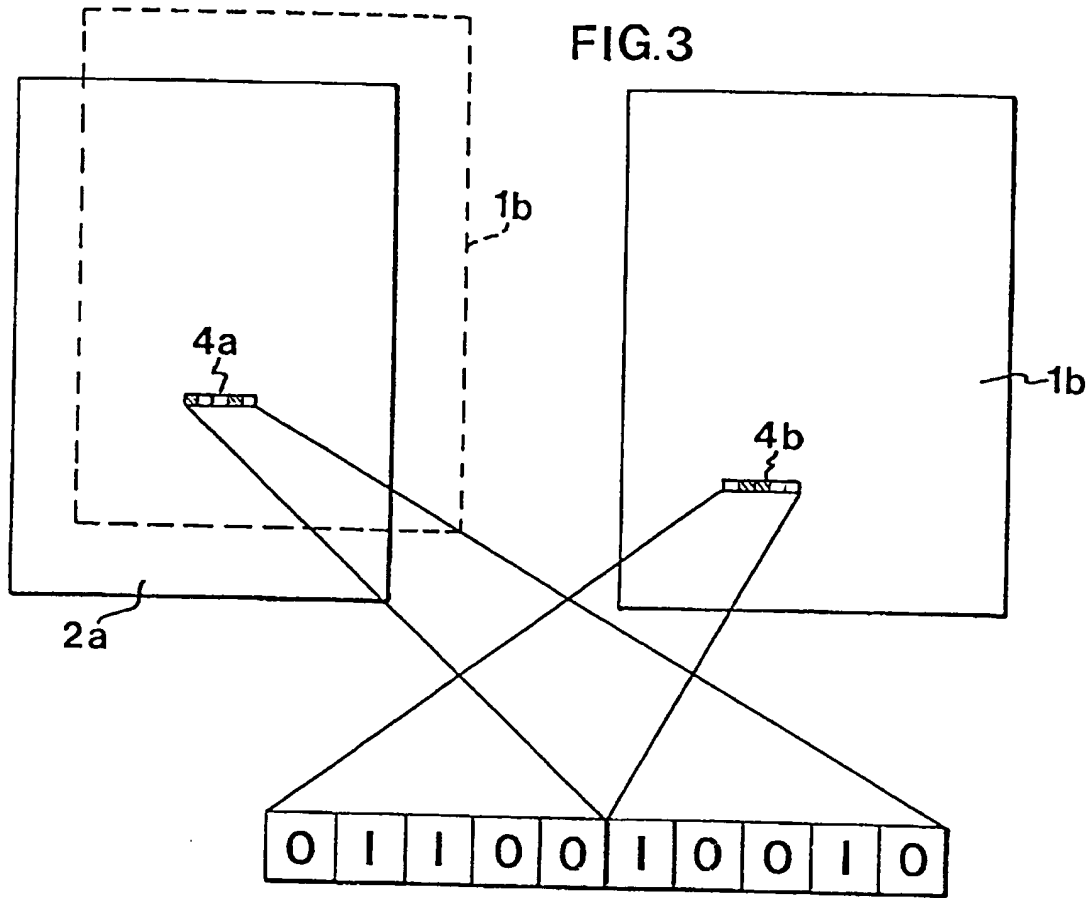
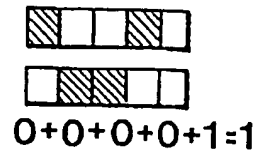
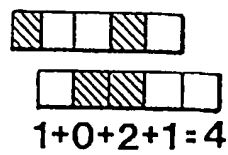


FIG.5

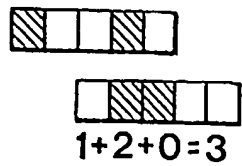
Poäng 0



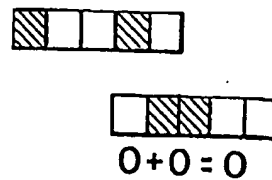
Poäng 1



Poäng 2



Poäng 3



Poäng 4

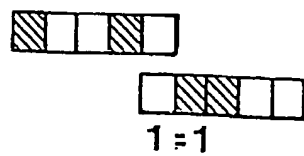


FIG.4

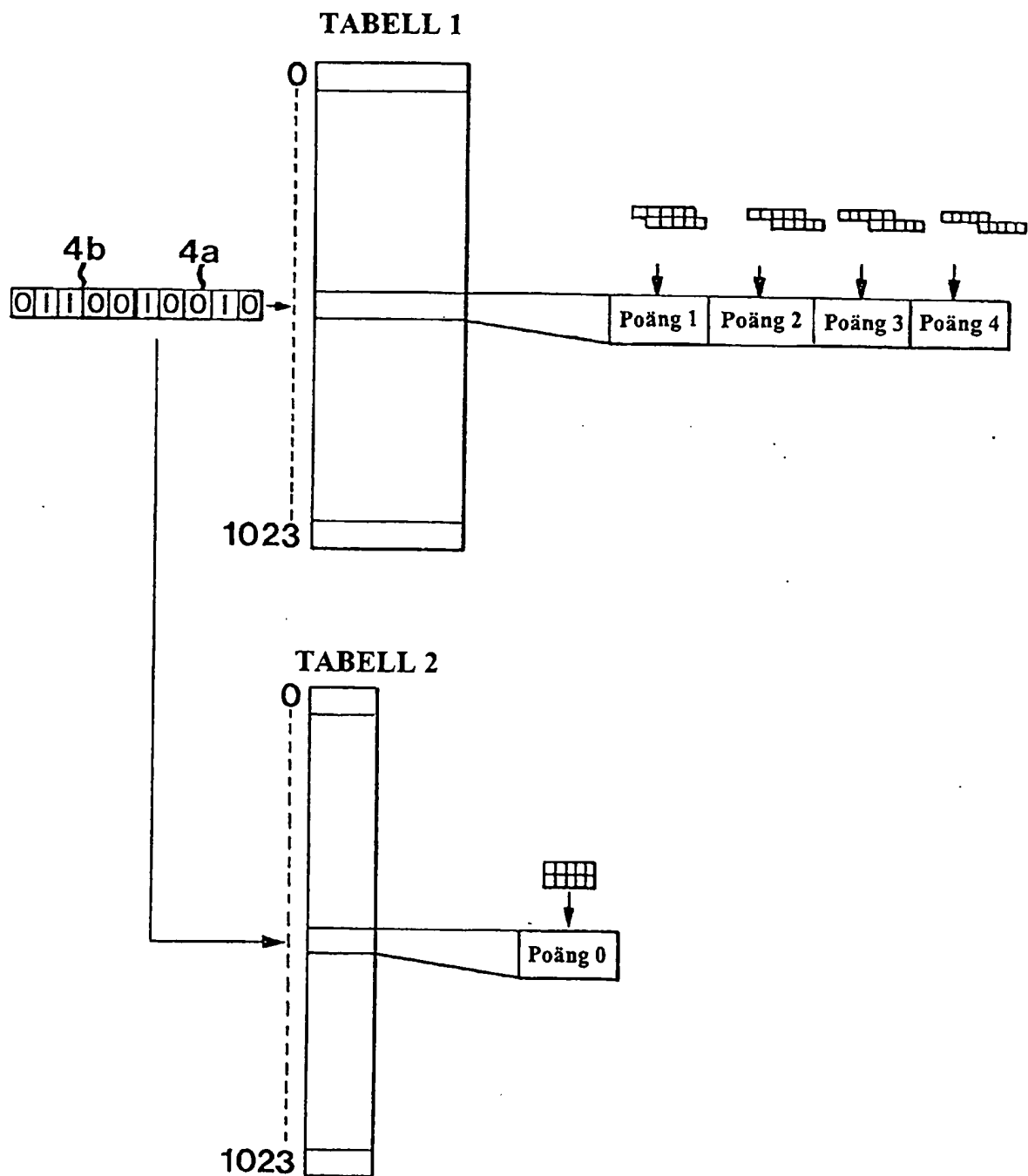


FIG.6

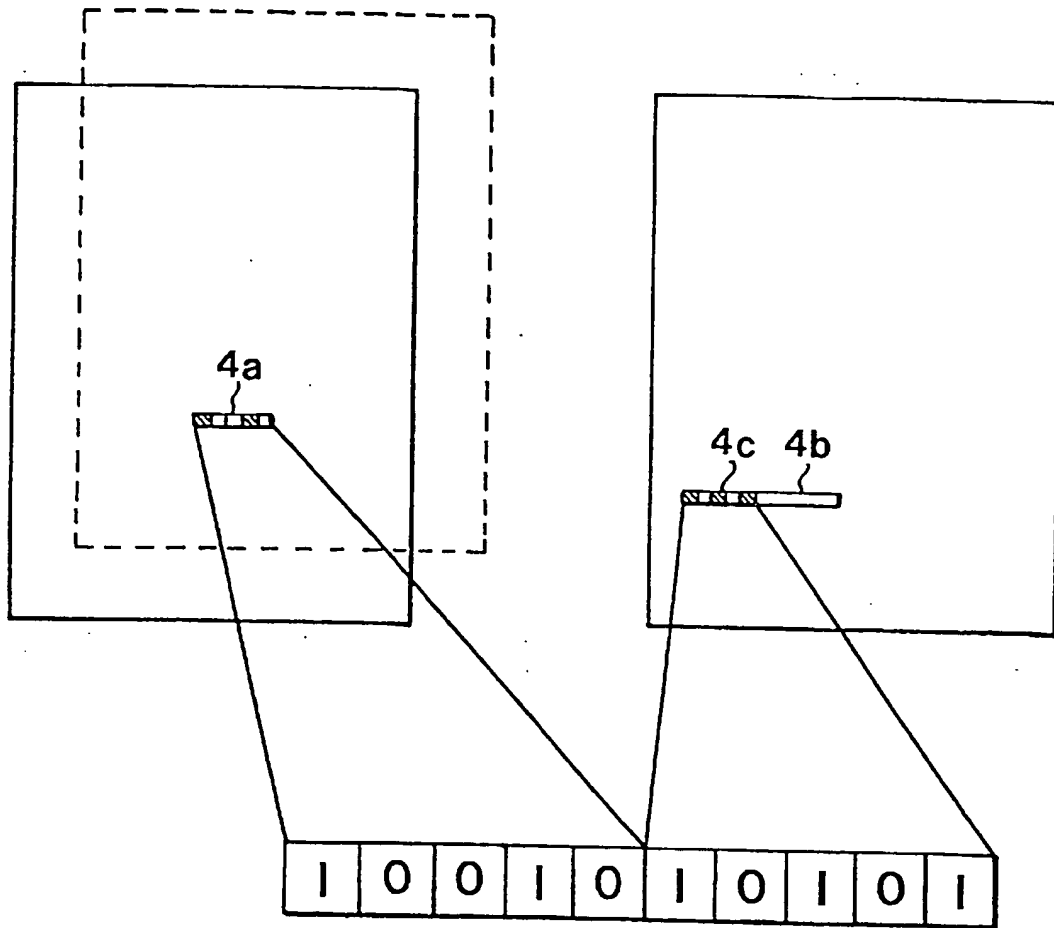
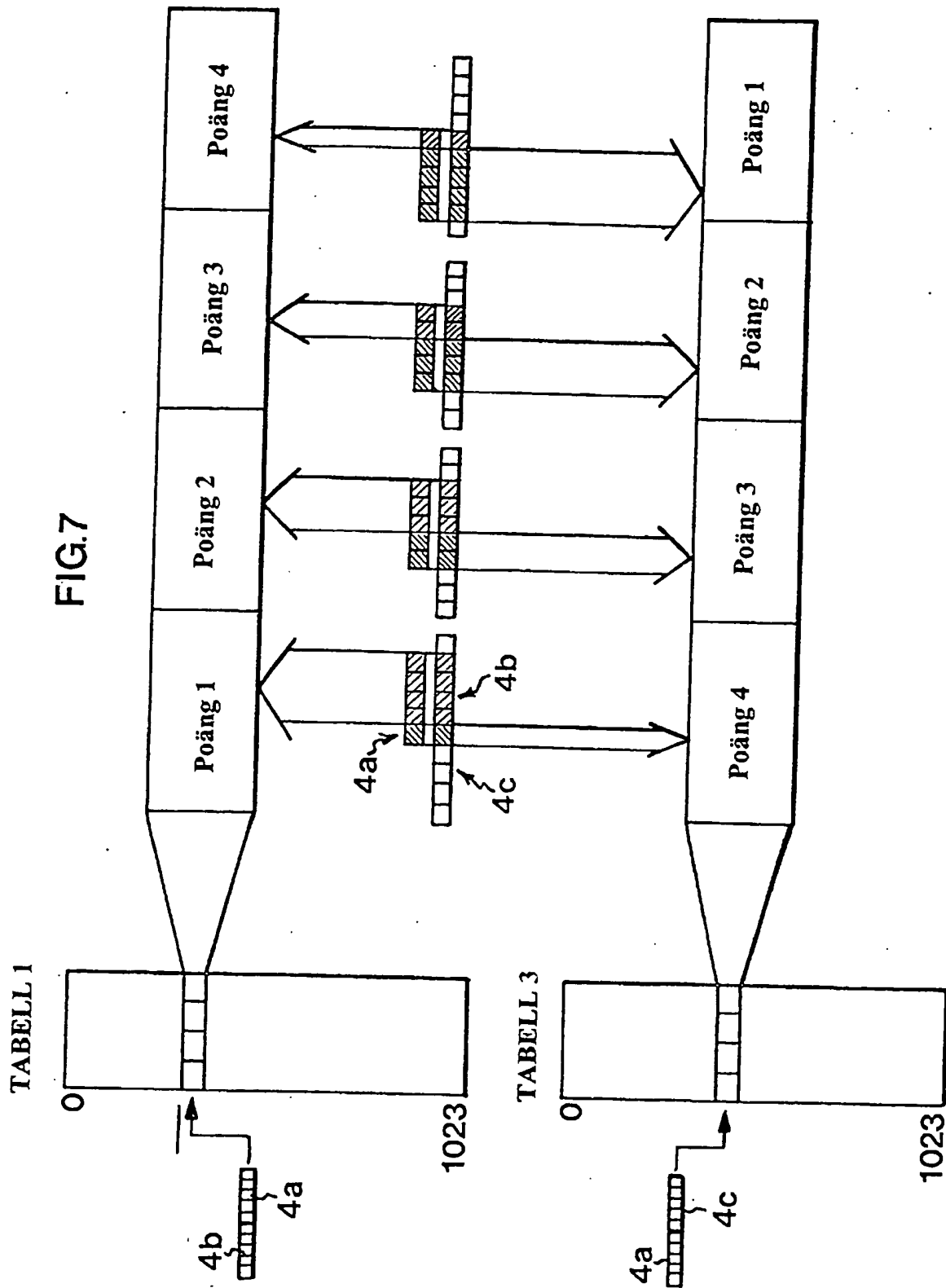


FIG.8

A	Poăng 1a	Poăng 2a	Poăng 3a	Poăng 4a
B	Poăng 1b	Poăng 2b	Poăng 3b	Poăng 4b
+				
C	Poăng 1c	Poăng 2c	Poăng 3c	Poăng 4c



THE EUROPEAN PATENT OFFICE

DECLARATION

I, the undersigned Margareta Backen, technical translator, of Bellevue-
vägen 46, Malmö, Sweden, do hereby declare that I am conversant with the English and
Swedish languages and am a competent translator thereof, and I further declare that to the
best of my knowledge and belief the following is a true and complete translation made
by me of the Swedish Patent Application No. 9704925-8 filed on the 30th of December
1997 by Precise Biometrics AB, Lund, Sweden.

Signed this 2nd day of September 2003

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'M. Backen', is written over a horizontal line.

Margareta Backen

PRV

THE SWEDISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE
Patent Department

Certificate

This is to certify that the annexed documents are true copies of the documents originally filed with the Swedish Patent and Registration Office in the following Application.

(Seal of
the Patent
Office)

Applicant(s) Precise Biometrics AB, Lund SE

Patent Application No. 9704925-8

Filing Date 30 December 1997

Stockholm, 26 June 2000

For the Patent and Registration Office

*Emma Högberg
Emma Högberg*

Fee SEK 170

A METHOD AND A DEVICE FOR MATCHING IMAGES OF
BODY-SPECIFIC PATTERNS

Field of the Invention

The present invention relates to a method and a device for matching two images of body-specific patterns, each image consisting of a plurality of pixels and having
5 partially overlapping contents, the degree of correspondence between the images being determined for different displacement positions which represent different overlappings of the images.

Background of the Invention

10 It has been known for hundreds, maybe even thousands, of years that a person's fingerprints are unique and therefore can be used to identify the person in question. Up to now the technique has been used mostly to identify criminals, but it is also known to use it in,
15 for instance, access control systems. When using the technique in an access control system, the person who is to be accepted for access presses his finger against a surface, and an image of the fingerprint is made. This image is compared with a number of prestored fingerprint
20 images for accepted persons in order to decide whether the person in question should be allowed to enter or not.

In this comparison use is normally made of a feature extraction, which means that certain characteristic elements in the print are identified and that the elements
25 and their relative distance are compared with corresponding data for the prestored fingerprints. A difficulty arising in the comparison is that the fingerprint is usually not in the same position in the image that is made when the identification is to be carried out as in
30 the prestored image of the fingerprint.

It goes without saying that the security in the system increases the more data are examined, but on the other hand also the time needed for the identification

increases. Therefore there is a great need of a method of fast and effective matching of fingerprints.

Recently other body-specific patterns, such as hand- and footprints, and iris patterns have come into use for the identification of people. In these applications, there is of course the same need of fast matching of images.

A possible method for matching two images of body-specific patterns is to examine all possible overlap positions between the images and, for each overlap position, to examine every pair of overlapping pixels, to determine a score for each pair of overlapping pixels, the score depending on how well the values of the pixels correspond, and to then determine which overlap position provides the best match on the basis of the total of the scores for the overlapping pixels in each position. However, this procedure is too slow for the application indicated above.

Summary of the Invention

In the light of the above, one object of the present invention is thus to provide a new method for automatic matching of two images of body-specific patterns, which method permits faster matching of the images with a given processor than the method described above.

A further object is to provide a device for the implementation of the method.

The objects are achieved by a method according to claim 1 and a device according to claim 17 and claim 18. Preferred embodiments are stated in the subclaims.

Like the method described above, the invention is based on determining the degree of correspondence between two images of body-specific patterns, each image consisting of a plurality of pixels and having partially overlapping contents, for different displacement positions representing different overlappings of the images. However, the comparison of the contents of the images is effected in a more efficient manner. More specifically,

a plurality of numbers are determined for each one of a plurality of displacement positions, each number being formed with the aid of pixel values from both images. The numbers are used to retrieve predefined overlap
5 assessment values for at least two displacement positions simultaneously. These overlap assessment values are subsequently used in determining the degree of correspondence between the contents of the images.

By this method, the different displacement posi-
10 tions can be examined with a certain degree of parallelism, making it possible to examine the images more quickly than if all the displacement positions are examined sequentially. This parallelism is achieved with the
15 aid of the numbers, which are used to examine at least two displacement positions simultaneously. Since the numbers are based on the contents of each image, it is possible to calculate in advance the overlap assessment values in the cases where the pixel values which make up the numbers overlap completely or partially. Naturally,
20 the efficiency increases the more pixels are included in each number since this increases the parallelism.

Thus, the overlap assessment values are predefined. What this means is that if a pixel in one of the images has a first given value and the corresponding overlapping
25 pixel in the other image has a second given value, a certain predetermined overlap value is always obtained. The same applies when the overlap assessment values relate to several overlapping pixels. The different overlap assessment values which are obtained for different combinations
30 of pixel values can be determined optionally. They can be defined by means of one or more formulae or tables or in some other suitable manner.

In this connection, it should be pointed out that, of course, the images are not physically displaced in
35 relation to each other when the method is being implemented, but rather the comparison between the images is carried out for hypothetical displacements.

In a preferred embodiment, the method furthermore comprises the steps of adding up the overlap assessment values for each of said displacement positions, and of using the totals obtained in this manner to determine
5 which of the displacement positions provides the best possible match between the contents of the images. The overlap assessment values which are added together for a certain displacement position preferably reflect the degree of correspondence between all overlapping pixels
10 for that displacement position.

In order further to increase the matching speed, the overlap assessment values are suitably added up in parallel for several displacement positions. The adding-up becomes particularly advantageous if it is carried out
15 in parallel for the overlap assessment values which are retrieved simultaneously with the aid of a number.

Each overlap assessment value can relate to one or more overlapping pixels. In the latter case, a matching speed increase is achieved by the fact that it is not
20 necessary to add up the assessment values for each overlapping pixel for a certain displacement position, but rather overlap assessment values which have already been added up for two or more overlapping pixels can be retrieved directly.

25 The plurality of displacement positions for which numbers are determined can suitably constitute rough displacement positions, and said at least two displacement positions for which the overlap assessment values are retrieved directly can suitably comprise at least one
30 fine displacement position, representing a smaller displacement from a rough displacement position than the displacement between two rough displacement positions. The second retrieved overlap assessment value can relate to the rough displacement position in question or to
35 another fine displacement position.

In the simplest embodiment of the method, the contents of the images are displaced in relation to each

other in one direction only. However, the method can also be employed when the images are displaced in two different, preferably perpendicular, directions in relation to each other. In this case, in order to arrive at the position in which the correspondence between the contents of the images is at a maximum, it is suitable to let the rough displacement positions represent different overlappings of the images in the first direction, for example horizontally, and to repeat the method for different overlappings of the images in the other direction, for example vertically.

The rough displacement positions, which thus constitute a subset of the displacement positions examined, are preferably determined by the images being divided into a plurality of rough segments consisting of $N \times M$ pixels where N and M are greater than one, the displacement between two adjoining rough displacement positions consisting of a rough segment. The rough segments can thus be achieved by the images being divided into columns or rows, each having the width and the height of several pixels.

The images can be represented in various ways. They can be analogue, but it is preferable that they be digital since this facilitates their processing with the aid of a computer. The pixel values can be represented with different resolutions. However, the method is preferably intended for images which are represented as bitmaps.

As mentioned above, the numbers are based on the contents of the two images. In a preferred embodiment the numbers are used as addresses for memory locations, which store the overlap assessment values. In this case, the latter are suitably defined by quite simply being calculated or determined in advance.

Preferably, the addresses are used for addressing a lookup table which, for each address, contains said pre-calculated overlap assessment values for at least two displacement positions. The order in which the pixels

values are used in the address is of no importance as long as the same order is used for all addresses and as long as the storing of the overlap assessment values in the lookup table is carried out in a predetermined manner in relation to said order.

The method according to the invention can be implemented entirely in hardware. In that case, the numbers can, for instance, form input signals for a gate circuit which has been designed in such a way that for each given set of input signals the corresponding overlap assessment values are produced as output signals. Thus, in this case, the overlap assessment values are defined by the design of the gate circuit. This method can be advantageous for large images.

However, in a preferred embodiment, the method is implemented in software with the aid of a processor which works with a predetermined word length. In this case, the lookup table comprises a plurality of addressable rows, each of which has the predetermined word length and stores the pre-calculated overlap assessment values. By adjusting the width of the table to the word length of the processor, the best possible utilisation of the capacity of the processor is obtained. For example, different rows in the table can be added up in an efficient manner.

The various parameters for the method, i.e. the rough displacement positions, the number of overlap assessment values stored for each address, the number of tables, etc., are suitably determined on the basis of the processor utilised and its cache memory in order to achieve the highest speed possible. Preferably, the parameters are chosen so that the two images and all of the pre-calculated overlap assessment values can be contained in the cache memory.

In a preferred embodiment, each number is formed by a first fine segment, which comprises at least two adjoining pixels values from the first image, and by a second fine segment, which overlaps the first fine seg-

ment and which comprises as many adjoining pixel values as the first fine segment from the second image, and a third fine segment, which comprises as many adjoining pixel values as the first fine segment from the second image and which overlaps the first fine segment in an adjacent displacement position for which the determination of a plurality of numbers is carried out, i.e. an adjacent rough displacement position. In this way, the number will include all pixel values which can overlap in a rough displacement position and in all fine displacement positions between this rough displacement position and the subsequent rough displacement position, as well as in this subsequent rough displacement position. Accordingly, it is possible to retrieve, with the number, pre-calculated overlap assessment values for all of these displacement positions.

In order to save memory space so that all necessary information can be stored in the cache memory of a processor and thus be quickly accessible, each address is advantageously divided into a first and a second subaddress, the first subaddress, which consists of the pixel values from the first and the second fine segment, being used to simultaneously retrieve overlap assessment values in a first table for overlapping pixels belonging to the first and the second fine segment, and the second subaddress, which consists of the pixel values from the first and the third fine segment, being used to simultaneously retrieve overlap assessment values in a second table for overlapping pixels belonging to the first and the third segment.

In this case, for each address, the first and the second table preferably store an overlap assessment value for each one of said at least two displacement positions, the sum of the two overlap assessment values for a first displacement position, which is retrieved with the first and second subaddresses of an address, constituting an overlap assessment value for all overlapping pixels of

the first, the second, and the third fine segment for
said first displacement position. The overlap assessment
values are preferably stored in the same order with
respect to the displacement positions for each address,
5 so that they can be easily added up.

In order further to increase the matching speed,
the degree of correspondence between the images is first
determined with a first resolution of the images for
selection of a plurality of displacement positions and
10 subsequently with a second, higher resolution of the
images for the displacement positions selected and
adjoining displacement positions. In this way, it is
possible to reject whole areas of the image which are
not of interest for further examination.

15 More specifically, a device according to the inven-
tion has a processing unit which is adapted to implement
a method according to any one of claims 1-17. The pro-
cessing unit can be connected to a unit for recording
images and can process the images in real time. The
20 device exhibits the same advantages as the method de-
scribed above, that is, it permits a quicker matching
of the images.

In a preferred embodiment, the invention is imple-
mented in the form of a computer program which is stored
25 in a storage medium which is readable with the aid of a
computer.

The method according to the invention can be used
to examine all possible displacement positions or only a
selection.

30 The invention is applicable to all types of match-
ing of images. The invention is especially applicable
when a high matching speed is required.

Brief Description of the Drawings

35 An example of how the invention can be implemented
will be described below with reference to the accompan-
ing schematic drawings.

Fig. 1 shows an image consisting of a plurality of pixels, with one rough segment and one fine segment indicated.

Fig. 2 shows a hypothetical overlapping of two
5 images.

Fig. 3 shows how an address is formed with the aid of pixel values from a plurality of overlapping pixels in two images.

Fig. 4 shows how the overlap assessment values for a plurality of different overlap positions are stored and
10 retrieved simultaneously.

Fig. 5 shows how the overlap assessment values are calculated for various displacement positions.

Fig. 6 shows how overlap assessment values are stored and retrieved in the case where subaddresses are employed.
15

Fig. 7 shows how overlap values for a plurality of different displacement positions are added up simultaneously.

20 Description of a Preferred Embodiment

A presently preferred embodiment of a method for matching two images of body-specific patterns, the images having partially overlapping contents, will be described below. The purpose of the method is to find the overlap
25 position which provides the best possible correspondence between the contents of the images and to assess the degree of correspondence in this position. In order to determine what constitutes the best possible correspondence, a predetermined assessment criterion is employed.

30 In this example, the method is implemented in software with the aid of a 32-bit processor with a clock frequency of 100 MHz and with a 16 kB cache memory, in which the images which are to be matched are stored. An example of a processor of this type is StrongARM supplied by
35 Digital. The processor operates under the control of a program which is read into the program memory of the processor.

The way in which the images are picked up and fed into the cache memory of the processor lies outside the scope of the present invention and will therefore not be described in more detail. One way, however, is to use the same technique as in prior-art access control systems, that is, to record the images with a light-sensitive, two-dimensional sensor and to store them in a memory, from which the processor can read the images into its cache memory.

Fig. 1 schematically shows a digital image 1 consisting of a plurality of pixels 2 of which some are schematically indicated as squares. The image is to be matched with a like image with partially the same contents.

The image is 55 pixels wide and 76 pixels high. It is stored as a bitmap, each pixel thus having the value one or zero. In this example, the value one represents a black dot and the value zero a white dot.

For the implementation of the method, each image is divided into eleven rough segments 3 in the form of vertical bands, each being five pixels wide and 76 pixels high. Each rough segment is divided into fine segments 4, each consisting of a horizontal row of five adjoining pixels.

The rough segments 3 are employed to define a plurality of rough displacement positions. Fig. 2 shows a first rough displacement position, in which two images 1a and 1b are displaced in relation to each other in such a way that one rough segment 3, indicated by slanting lines, from each image overlap one another. In a second rough displacement position, two rough segments from each image will overlap, etc. up to an eleventh rough displacement position in which all the rough segments overlap. The difference between two adjoining rough displacement positions is thus one rough segment.

In each rough segment, four fine displacement positions are defined. These represent a displacement in

relation to a rough displacement position by one, two, three and four pixel columns.

The rough displacement positions and the fine displacement positions represent displacements between the images in a first direction, viz. horizontally. If the images can also be displaced vertically in relation to each other, a number of vertical displacement positions are defined, each vertical displacement position representing a displacement by one pixel row vertically. The left part of Fig. 3 shows a vertical displacement position for a first image 1a and a second image 1b, which is indicated by dashed lines in the overlap position.

The fine segments 4 are employed to determine a number of 10-bit subaddresses which in turn are employed to retrieve pre-calculated overlap assessment values, each providing a measure of the degree of correspondence between one or more overlapping pixels for a certain displacement position. A first subaddress is formed by the five least significant bits of the address being retrieved from a first fine segment 4a in the first image 1a and the five most significant bits being retrieved from the corresponding overlapping fine segment 4b in the second image 1b. The first subaddress thus represents the value for overlapping pixels which one wishes to compare in order to check the degree of correspondence with respect to contents.

Fig. 3 shows an example of how the first fine segment 4a of five bits "10010" is retrieved from the one image 1a and the second fine segment 4b of five bits "01100" is retrieved from the other image 1b and are put together into the address "0110010010".

The first subaddresses are employed to address two tables of 1024 rows each (the number of possible different addresses). The tables are shown schematically as Tables 1 and 2 in Fig. 4. In the tables, which like the images are stored in the cache memory of the processor, there are pre-calculated overlap assessment values (call-

ed scores in the following). This is shown schematically in Fig. 4 by way of an enlargement of a row in each table.

5 In this example, the scores are calculated as follows. Two overlapping white pixels equal one point, two overlapping black pixels equal two points, while one white and one black overlapping pixel equal zero points.

Fig. 5 shows the scores which are stored in the tables in Fig. 4 in the row with the address "0110010010" and how these are calculated. Score 0 is stored in Table 2 and Scores 1-4 are stored in Table 1. For each overlapping pixel, a score is achieved in accordance with the scoring set out above. The scores for all overlapping pixels are added to arrive at the total score or the overlap assessment value which is to be stored in the table in the row with the address in question.

Table 2 in Fig. 4 contains, for each address, the score (Score 0) achieved when the two fine segments overlap completely, i.e. the overlapping which is obtained in the rough displacement position. This score is the total of the scores for five overlapping pixels and is stored in one byte. Table 1 contains, for each address, the scores (Scores 1-4) which are achieved when the two fine segments are partially displaced in relation to each other, i.e. corresponding to various fine displacement positions. These scores are stored in one byte each in a 32-bit word and can accordingly be retrieved at the same time with one reading or one table lookup during one clock cycle. Score 1 relates to the score achieved when the fine segments are displaced by one increment in relation to each other, so that only four overlapping pixels are obtained. Score 2 relates to the score achieved when the fine segments are displaced by two increments in relation to each other, so that only three overlapping pixels are obtained, etc. The displacements reflect the overlapping obtained in the fine displacement positions

between the rough displacement position in question and the following rough displacement position.

As can be seen from the above, the overlap assessment values which are retrieved using the first sub-
5 address relate only to overlappings between the pixels in the first and the second fine segment for the displacement positions examined. The overlappings which occur in these displacement positions between the pixels in the first fine segment and pixels other than the ones
10 in the second fine segment are not picked up with the aid of the method described above.

In order to permit the examination of these overlappings as well, a second subaddress is formed in addition to the first subaddress. This second subaddress consists of the five pixel values in the first fine segment
15 4a as well as five pixel values for a third fine segment 4c which adjoins the second fine segment in the second image 1b and which overlaps the first fine segment in the subsequent rough displacement position.

20 Fig. 6 shows an example of how the second subaddress is formed. The pixel values "10010" from the first fine segment 4a in the first image 1a constitute the five most significant bits of the second subaddress, while the pixel values "10101" from the third fine segment 4c in
25 the second image 1b constitute the five least significant bits in the second subaddress.

The scores or the overlap assessment values for the pixels in the first and the third fine segment which overlap in different displacement positions are stored in
30 a third table, which is indicated as Table 3 in Fig. 7. The scores are, of course, calculated in the same manner as in the case of Table 1, but the scores are stored in "reverse order". Accordingly, Score 4, which relates to one overlapping pixel of the first and the third fine
35 segment, is stored in the first byte of a table row in Table 3. Score 3, which relates to two overlapping pixels

of the first and the third segment, is stored in the second byte, etc.

In this way, overlap values for four fine displacement positions can be retrieved with the aid of the first and the second subaddress. By adding up the overlap values for the first and the second subaddress an overlap value is obtained for each displacement position. Each of these overlap values relates to five overlapping pixels for the displacement position in question.

Fig. 7 shows Tables 1 and 3, a first and a second subaddress employed to address these tables, and the overlap assessment values in separate rows of the table.

A description of how the matching of the images is performed is given below. First, a first rough displacement position is chosen. For this position, a first pair of overlapping fine segments is chosen. Suppose that the first fine segment in the first image has the pixel values "10010" and that the second fine segment in the second image has the pixel values "01100", as in the example in Fig. 3. These values are used to form the first binary subaddress "0110010010". Moreover, suppose that a third fine segment which adjoins the second fine segment in the second image has the values "10101". These values are used together with the pixel values for the first fine segment to form the second subaddress "1001010101". The first subaddress is employed to address both the first and the second table. In the example given, the scores 4, 3, 0, and 1 stored in one word are obtained from the first table and the score 1 is obtained from the second table. The second subaddress is employed to address the third table, from which the scores 2, 0, 3, 3 are obtained in the example given. The scores are added up in parallel, the total scores 6, 3, 3, 4 being obtained.

When these first overlapping fine segments have been compared, the matching continues with two new overlapping

fine segments, until a complete comparison between the overlapping rough segment or segments has been performed.

Each time a word is obtained with the four scores added up for two subaddresses, the word is added to the words previously obtained. The scores for four different displacement positions are thus added up in parallel by means of one single addition. Since the scores are low, a large number of additions can be performed before there is a carry and, consequently, before any storing in a different location has to be done. The scores from the second table are added up in the same way. Fig. 8 schematically shows how the scores for four displacement positions are added up in parallel, the word A representing the word obtained with a first address, consisting of a first and a second subaddress, and the word B representing the word obtained with a second address, consisting of a first and a second subaddress, and the word C representing the total obtained.

When all overlapping fine segments have been examined for the first rough displacement position, the procedure is repeated for the second and subsequent rough displacement positions until all rough displacement positions have been examined.

If the images can also be displaced vertically in relation to each other, the method is repeated for each vertical position, the images thus first being displaced one row vertically in relation to each other and subsequently all rough and fine displacement positions being examined, whereupon the images are displaced to the next vertical displacement position and are examined and so on until all vertical displacement positions have been scanned.

When all displacement positions have been examined a score will have been obtained for each position. With the assessment criterion used in this example, the highest score will represent the displacement position which provides the best overlapping of the contents of the images.

If a first image is compared with a plurality of second images, the highest score indicates the second image which best corresponds with the first image.

5 In a presently preferred embodiment of the invention, an overlap assessment is first carried out in the manner described above with a lower resolution of the images than the one with which they are stored. In this example, a resolution of 25 x 30 pixels is used. The purpose of this is the quick selection of relevant displacement positions for closer examination of the correspondence between the contents of the images. Subsequently, the method is repeated for the images in these and adjoining displacement positions for the original resolution.

15 In the above example, the overlap assessment values are stored in three different tables. This has been done in order to utilise the processor optimally. In the case of other processors, it may instead be suitable to store all overlap assessment values in one table or in more
20 than three tables. This can be determined by the skilled person on the basis of the above description.

CLAIMS

1. A method for matching two images of body-specific patterns, each image consisting of a plurality of pixels and having partially overlapping contents, the degree of correspondence between the contents of the images being determined for different displacement positions which represent different overlappings of the images, comprising the following steps:
- determining a plurality of numbers for each of a plurality of displacement positions, each number being formed with the aid of pixel values from both images,
 - using each number to retrieve predefined overlap assessment values for at least two displacement positions simultaneously, and
 - using the overlap assessment values in determining the degree of correspondence between the contents of the images for the different displacement positions.
2. A method according to claim 1, further comprising the following steps: adding up the overlap assessment values for each of said displacement positions, and using the totals obtained in this manner to determine which of the displacement positions provides the best possible correspondence between the contents of the images.
3. A method according to claim 1 or 2, wherein the overlap assessment values are added up in parallel for a plurality of displacement positions.
4. A method according to any one of the preceding claims, wherein some of the overlap assessment values relate to more than one overlapping pixel.
5. A method according to any one of claims 1-4, wherein said plurality of displacement positions for which the numbers are determined constitute rough displacement positions and said at least two displacement positions for which overlap assessment values are retrieved comprise at least one fine displacement posi-

tion representing a smaller displacement from a rough displacement position than the displacement between two rough displacement positions.

5 6. A method according to claim 5, wherein the rough displacement positions represent different overlappings of the images in a first direction, and further comprising the step of repeating the method for different overlappings of the images in a second direction.

10 7. A method according to claim 5 or 6, wherein the rough displacement positions are determined by the images being divided into a plurality of rough segments consisting of $N \times M$ pixels, where N and M are greater than one, the displacement between two adjoining rough displacement positions consisting of a rough segment.

15 8. A method according to any one of the preceding claims, wherein the images consist of bitmaps.

9. A method according to any one of the preceding claims, wherein the numbers constitute addresses of memory locations, which store said overlap assessment
20 values consisting of pre-calculated values.

10. A method according to claim 9, wherein the addresses are employed to address at least one lookup table which, for each address, contains the pre-calculated overlap assessment values for at least two displacement positions.
25

11. A method according to claim 10, which method is performed with the aid of a processor working with a predetermined word length and wherein said at least one lookup table comprises a plurality of addressable rows,
30 each having the predetermined word length and storing said pre-calculated overlap assessment values.

12. A method according to claim 11, wherein the storing of the overlap assessment values is performed in such a manner that all overlap assessment values as well
35 as the images which are to be matched can be contained in a cache memory in the processor.

13. A method according to any one of the preceding claims, further comprising the step of forming each number of a first fine segment, which comprises at least two adjoining pixel values from the first image, and of
5 a second fine segment, which overlaps the first fine segment and which comprises as many adjoining pixel values as the first fine segment from the second image, and of
10 a third fine segment, which comprises as many adjoining pixel values as the first fine segment from the second image and which overlaps the first fine segment in an adjacent displacement position, for which the determination of a plurality of numbers is carried out.

14. A method according to claim 13 in combination with claim 9, wherein each address is divided into a
15 first and a second subaddress, the first subaddress, which consists of the pixel values from the first and the second fine segment, being used to simultaneously retrieve overlap assessment values in a first table for overlapping pixels belonging to the first and the second
20 fine segment, and the second subaddress, which consists of the pixel values from the first and the third fine segment, being used to simultaneously retrieve overlap assessment values in a second table for overlapping
pixels belonging to the first and the third segment.

15. A method according to claim 14, wherein, for
25 each address, the first and the second table store an overlap assessment value for each one of said at least two displacement positions, and wherein the sum of the overlap assessment values for a first displacement position, which is retrieved using the first and second sub-
30 addresses of an address, constitutes an overlap assessment value for all overlapping pixels between the first, the second, and the third fine segment for said first displacement position.

16. A method according to any one of the preceding claims, wherein the degree of correspondence between the images is first determined with a first resolution of the

images for selection of a plurality of displacement positions, and is subsequently determined with a second, higher resolution of the images for the displacement positions selected and adjoining displacement positions.

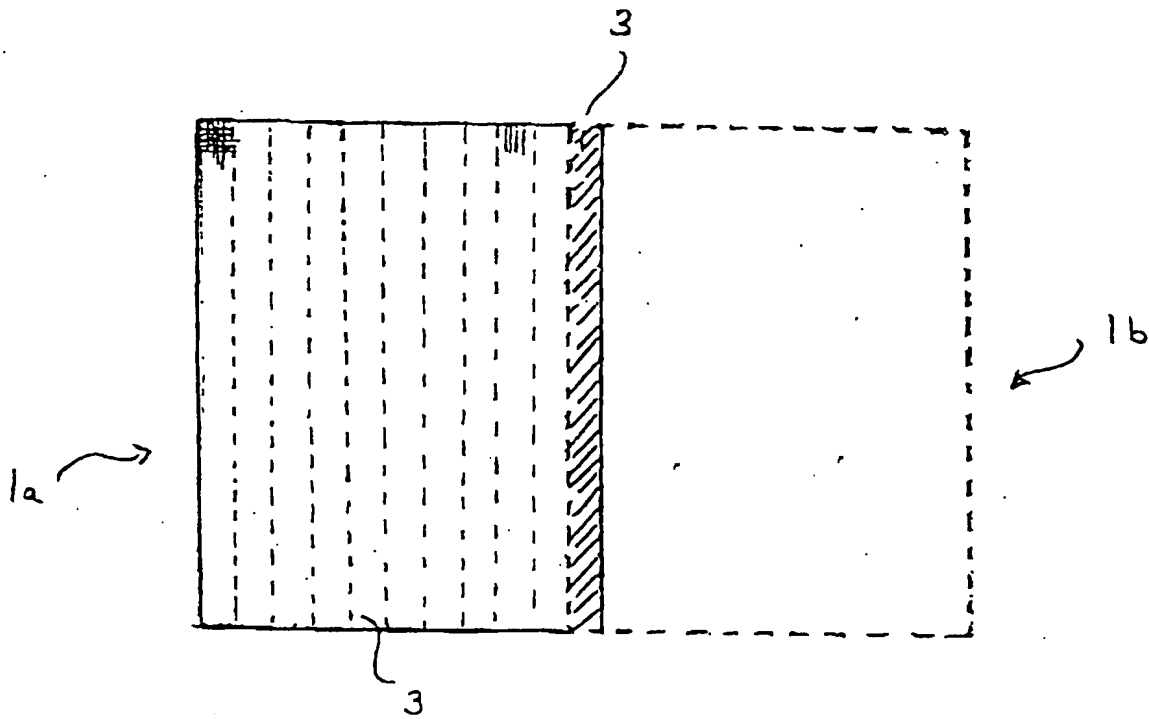
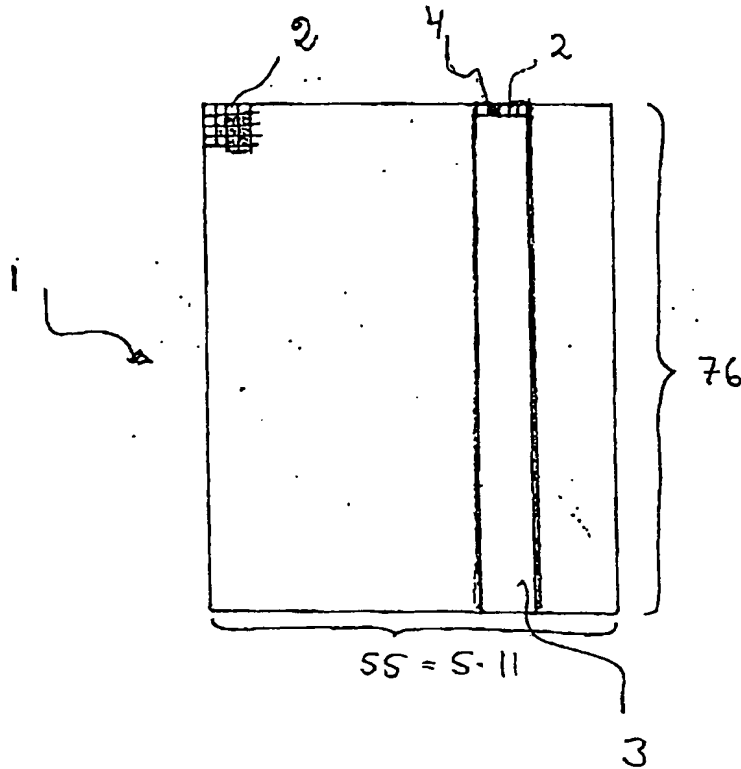
5 17. A device for matching two images, each consisting of a plurality of pixels and having partially overlapping contents, c h a r a c t e r i s e d by a processing unit which is adapted to implement a method according to any one of claims 1-16.

10 18. A device for putting together two images, each consisting of a plurality of pixels and having partially overlapping contents, which device comprises a storage medium, which is readable with the aid of a computer and
15 in which is stored a computer program for implementing the method according to any one of claims 1-16.

ABSTRACT

In a method for matching two images of body-specific patterns, each image consisting of a plurality of pixels and having partially overlapping contents, the degree of
5 correspondence between the contents of the images is determined for different displacement positions representing different overlappings of the images. More specifically, a plurality of numbers are determined for each
10 one of a plurality of said displacement positions. Each number is formed with the aid of pixel values from both images and is used to simultaneously retrieve predefined overlap assessment values for at least two of said displacement positions. The overlap assessment values
15 retrieved are subsequently used to determine the degree of correspondence between the images for the different displacement positions. The method is carried out with the aid of a computer and can be implemented as a computer program.

Elected for publication: Fig. 3



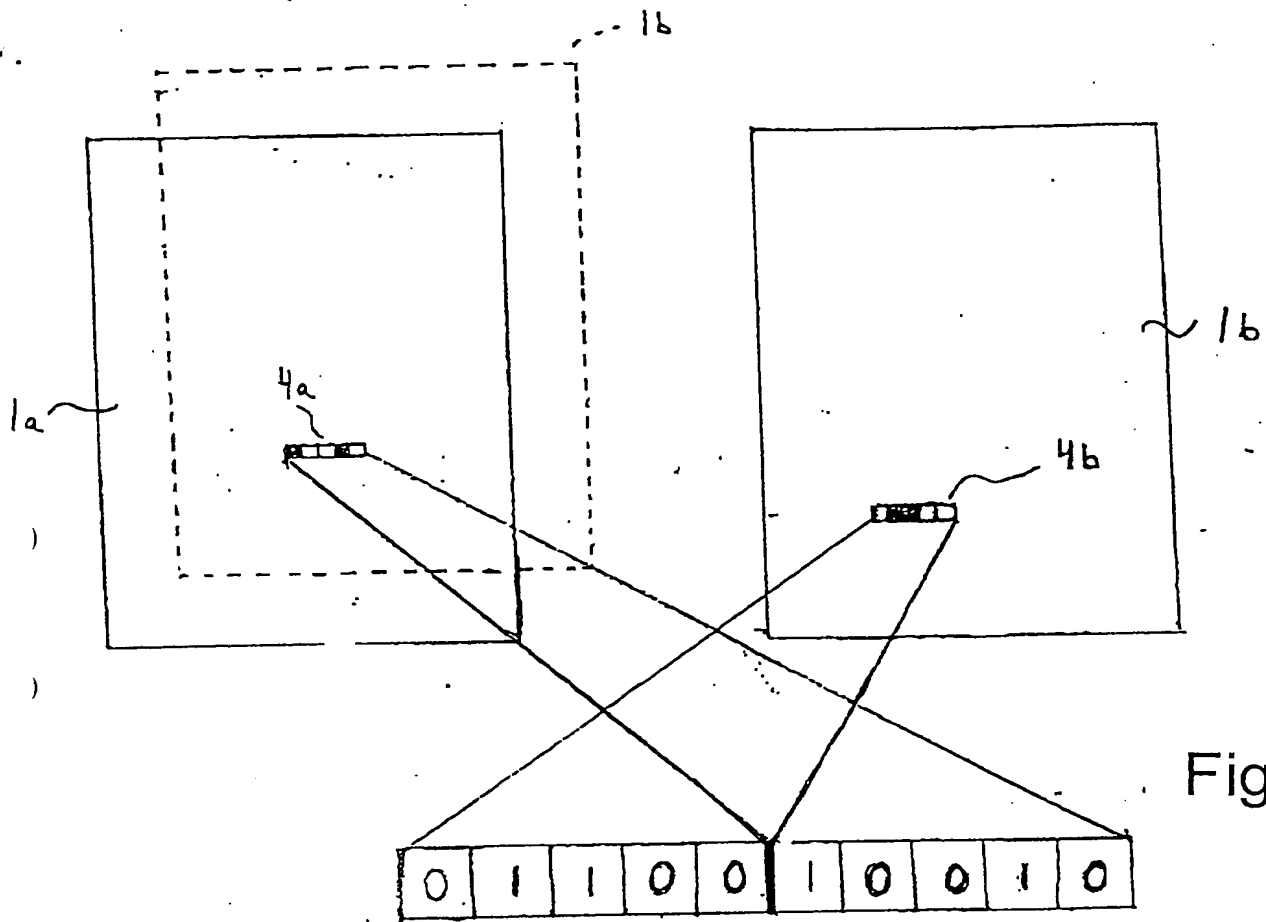


Fig. 3

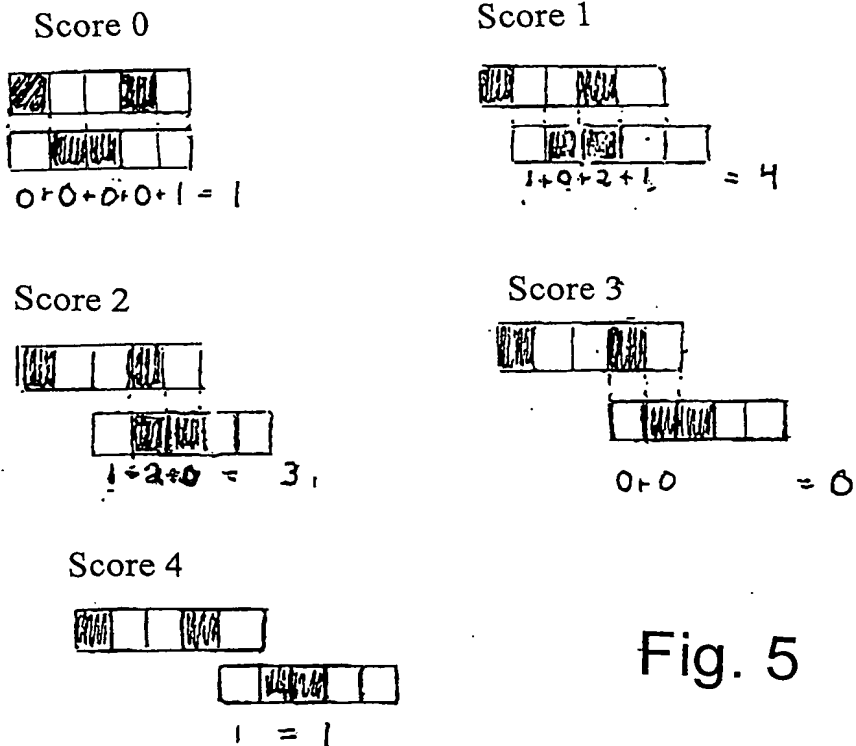


Fig. 5

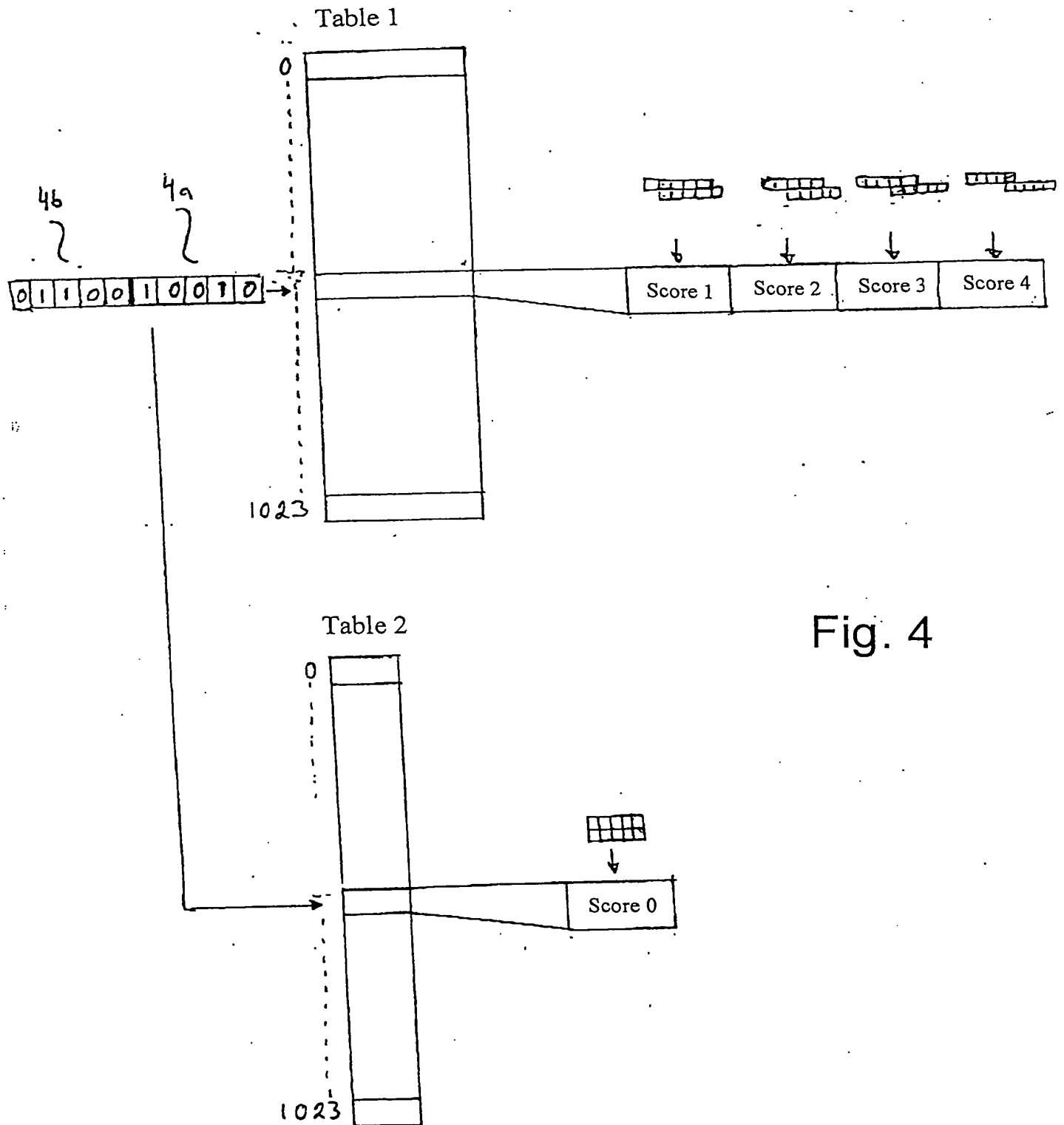


Fig. 4

A	Po 1a	Po 2a	Po 3a	Po 4a
B	Po 1b	Po 2b	Po 3b	Po 4b
C	Po 1c	Po 2c	Po 3c	Po 4c

Fig. 8

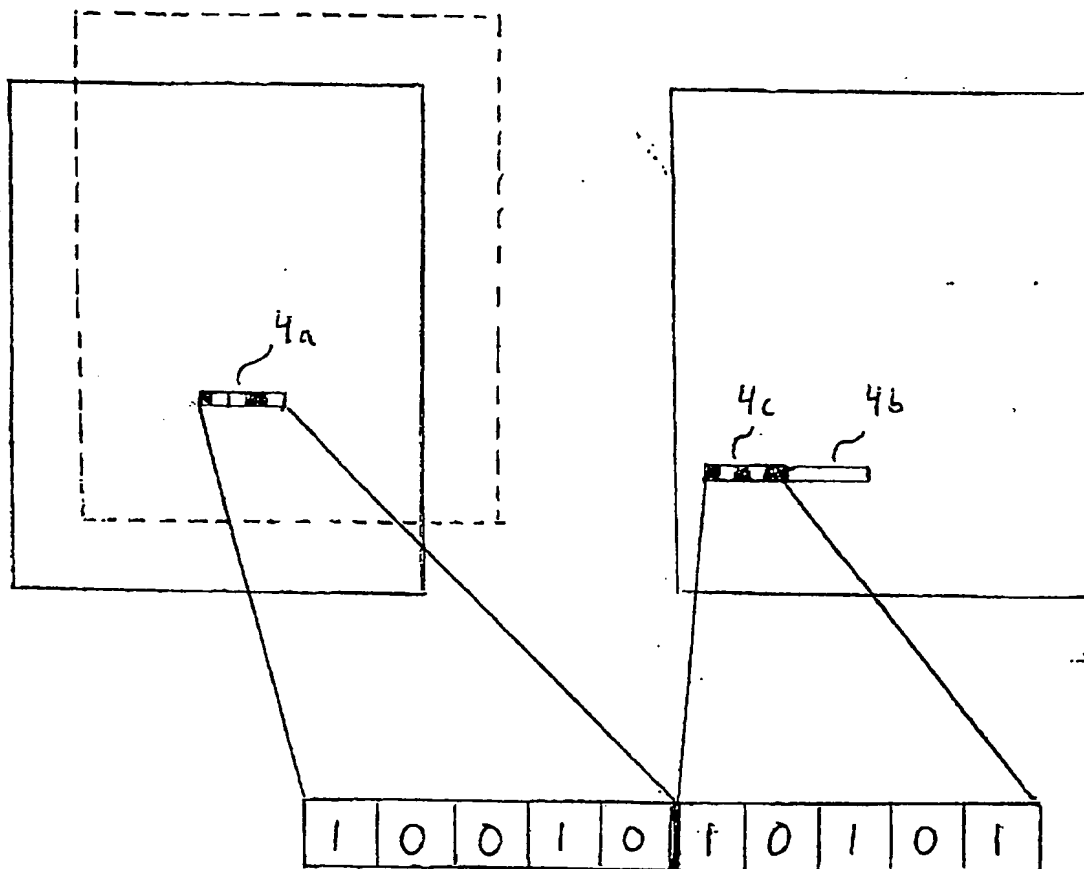


Fig. 6

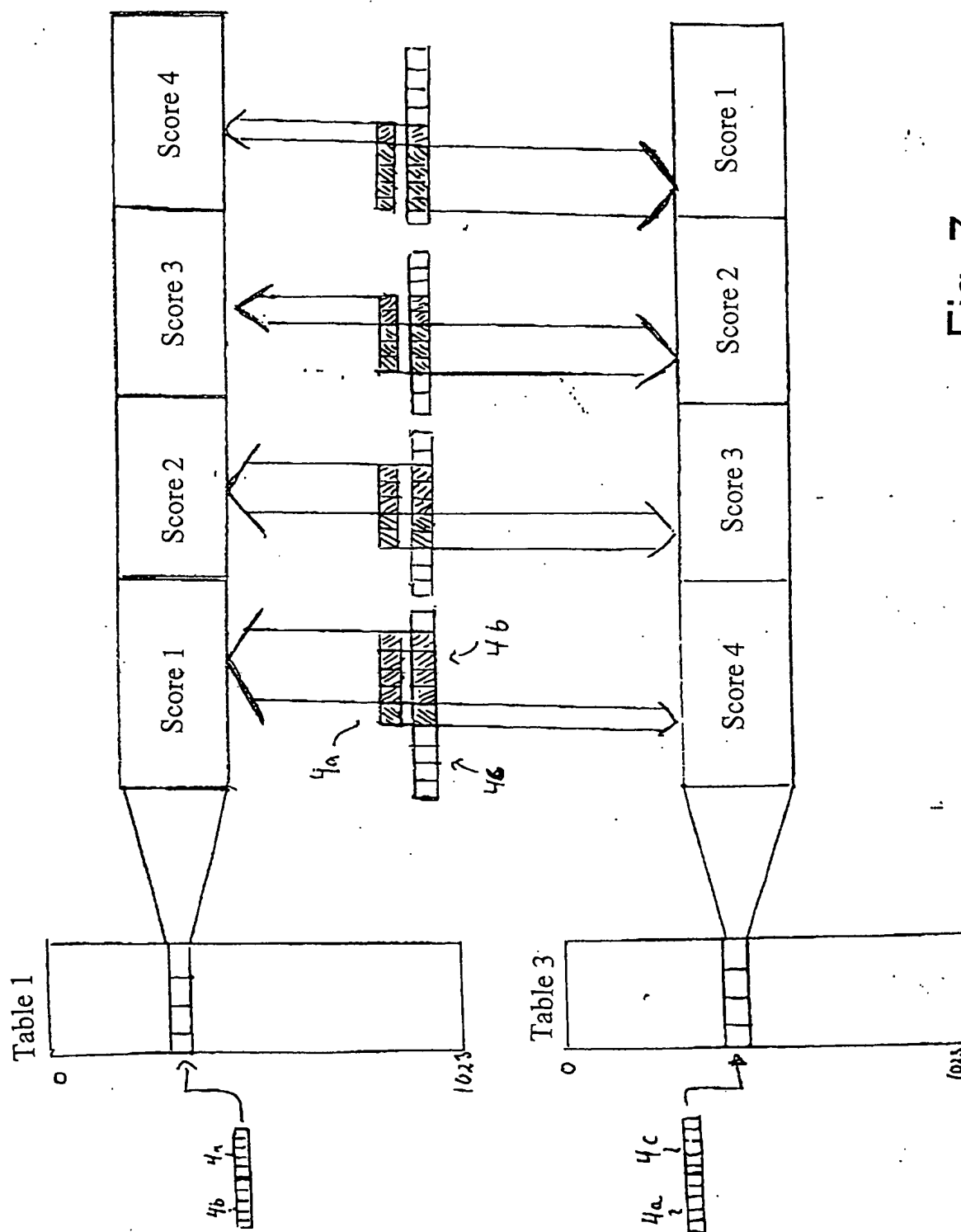


Fig. 7